

***EFFECTOS DEL MERCADO DE ÁRBOLES DE FUTURA
COSECHA Y LA PLANIFICACIÓN DE PISTAS DE ARRASTRE
EN EL APROVECHAMIENTO CONVENCIONAL CON LÍMITES
DIAMÉTRICOS EN UN BOSQUE TROPICAL DE BOLIVIA***

Documento Técnico 119/2003

**Werner Krueger
Consultor**

Traducción al español
Daniel Nash

Contrato USAID: 511-C-00-93-00027
Chemonics International Inc.
USAID/Bolivia
Junio, 2003

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

**EFECTOS DEL MERCADO DE ÁRBOLES DE FUTURA
COSECHA Y LA PLANIFICACIÓN DE PISTAS DE
ARRASTRE EN EL APROVECHAMIENTO
CONVENCIONAL CON LÍMITES DIAMÉTRICOS
EN UN BOSQUE TROPICAL DE BOLIVIA**

**Proyecto de Manejo
Forestal Sostenible
BOLFOR**

Cuarto Anillo
esquina Av. 2 de Agosto
Casilla 6204
Teléfonos: 3-480766 – 3-480767
Fax: 3-480854
e-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
página web: <http://bolfor.chemonics.net>

Santa Cruz, Bolivia

Agradecimientos

Mi agradecimiento especial a Todd Fredericksen y Marielos Peña por sus comentarios, consejos y apoyo técnico durante la ejecución del presente estudio. Agradezco también a Jack Putz, Steve Siebert, Carl Fiedler, Carlos Baied, Geoff Blate, Fred Boltz, Calvin Kiehn, Kristen Ohlson, Juan Carlos Licona, Joaquín Justiniano, Andrea Harausz, Jeanenne Bergen, Bob Keating, Remigio Ancalle, Daniel Nash, Arturo Justiniano, Rob Schantz, Ryan Maroney y Kerri Rosenstein por sus comentarios, consejos y apoyo. Gracias a Ina Brokhof, Roberto Quevedo, y toda la cuadrilla de aprovechamiento de La Chonta por su apoyo logístico, cooperación y comentarios. Gracias a Lucio Álvarez Negrete, Antonio Urapuka Apirezai, Angel (Wicho) Méndez y Ricardo Méndez Salvatierra por la asistencia en el terreno. El presente estudio fue financiado por el Cuerpo de Paz de los Estados Unidos y el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR (proyecto de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional – USAID y el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación del Gobierno de Bolivia.

Tabla de Contenido

RESUMEN EJECUTIVO

SECCION I	INTRODUCCIÓN	I-1
SECCION II	DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	II-1
	A. Operaciones “normales” de aprovechamiento – Bloque 1	II-1
	B. Marcado de árboles de futura cosecha – Bloque 2	II-2
	C. Mejor planificación de pistas de arrastre – Bloque 3	II-3
SECCION III	METODOLOGÍA	III-1
	A. Evaluación general de la técnica de corta	III-1
	B. Evaluación del daño a AAFC derivado de operaciones de corta	III-1
	C. Evaluación del daño a AFC causado por operaciones de arrastre	III-1
	D. Eficiencia de arrastre	III-3
	E. Costos adicionales del marcado de árboles de futura cosecha y mejoras en la planificación de pistas de arrastre	III-3
SECCION IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	IV-1
	A. Evaluación general de las operaciones de corta	IV-1
	B. Muerte de AFC a causas de las operaciones de corta	IV-3
	C. Daño a AFC, eficiencia operativa y recuperación de Madera de las operaciones de arrastre	IV-1
	D. Consideraciones económicas	IV-6
	E. Implicaciones regionales	IV-7
SECCION V	CONCLUSIÓN	V-1
SECCION VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	VI-1

Resumen Ejecutivo

Las iniciativas de manejo forestal sostenible en los bosques tropicales del oriente de Bolivia requieren la identificación de medidas económicas para mantener la calidad del bosque y reducir los daños a la regeneración avanzada durante las operaciones de aprovechamiento. En el presente estudio se consideran los costos y beneficios potenciales de la inclusión de dos prácticas de manejo “mejorado” – el marcado (con cinta “flagging”) previo al aprovechamiento de los árboles de futura cosecha y la mejor planificación de pistas de arrastre – en parcelas adyacentes de 45 hectáreas, junto con la aplicación de aprovechamiento convencional con límites diamétricos en un bosque tropical del departamento de Santa Cruz, en Bolivia. En el estudio también se incluyó una evaluación general del daño a los árboles de futura cosecha y del desperdicio de madera derivados de las operaciones comunes de corta. Se estimó que los costos adicionales de marcado de árboles de futura cosecha con $dap = 30$ cm corresponde a US\$ 0.38 por hectárea. El marcado de árboles de futura cosecha redujo daños en un 20 por ciento en claros de aprovechamiento y en un 10 por ciento en pistas de arrastre sujetas a 2-10 pases de “skidder”. En las operaciones de corta, se observó un error medio en dirección de ± 35 grados por árbol tumbado, lo que indica que, durante la corta, se puede disminuir el daño a árboles de futura cosecha mediante la implementación de técnicas de corta dirigida. La mejora en las técnicas de corta puede aumentar la utilización de madera hasta en 0.16 m^3 o US\$ 3.20 por árbol cortado mediante la reducción de desperdicios relacionados con el astillamiento de las trozas, problema que se observa frecuentemente durante las operaciones de tumba. La planificación de pistas de arrastre previa al aprovechamiento aumentó los costos en aproximadamente US\$ 1.46 por hectárea, pero redujo el tiempo medio de “búsqueda” de los skidders en un 23 por ciento y la construcción innecesaria de pistas en un 96 por ciento. En comparación con las operaciones convencionales de aprovechamiento, la eficiencia operativa global aumentó aproximadamente en US\$ 3.00 por hectárea. La planificación de pistas de arrastres previa al aprovechamiento redujo significativamente el daño a árboles de futura cosecha en pistas que experimentaron entre 2 y 10 pases de skidder. Los resultados del presente estudio indican que la planificación de pistas de arrastre y la aplicación de técnicas mejoradas de corta producen ganancias económicas con respecto al aprovechamiento convencional, así como ganancias potenciales mediante la conservación de árboles de futura cosecha y, por lo tanto, justifican su aplicación. El Forest Stewardship Council podría considerar incluir el marcado de árboles de futura cosecha dentro de sus criterios de certificación para la región, en vista de su bajo costo y utilidad comprobada para mantener la calidad del bosque.

SECCION I

Introducción

Después de décadas de aprovechamiento selectivo de baja intensidad, enfocado en una o dos especies, y a partir de la promulgación de la ley forestal de 1996, hace menos de una década, se inició la aplicación del manejo forestal sostenible en los bosques tropicales y subtropicales de Bolivia (véase ITTO 1996a y Fredericksen 2000). La nueva legislación hace ahora obligatoria la elaboración de planes de manejo forestal a fin de lograr la extracción sostenible de madera en todas las tierras forestales de producción permanente (Fredericksen y Mostacedo 2000). El cumplimiento de la nueva legislación, con sólo pequeñas modificaciones, satisface los requerimientos del Forest Stewardship Council (FSC) para la certificación forestal y, por lo tanto, brinda acceso a mejores mercados (Darby 1999, Nittler y Nash 1999, Fredericksen 2000). En respuesta a este incentivo, muchos productores madereros de escala industrial han tornado sus estrategias de extracción del aprovechamiento convencional enfocado en pocas especies, a la corta selectiva de baja intensidad que se aproxima más al manejo forestal sostenible (Putz y Romero 2001).

Hoy en día, los planes de manejo que se aplican en Bolivia se enfocan en la extracción de árboles maduros aislados, para el rendimiento sostenido, con el objetivo de mejorar el valor comercial general del bosque (Fredericksen et al. 2001). Las operaciones de corta se basan en límites diamétricos y aproximadamente un 20 por ciento de los árboles que superan el límite diamétrico se conservan como árboles semilleros para brindar posteriormente regeneración natural (Fredericksen et al. 2001). Se ha indicado que sistemas de aprovechamiento selectivo policíclico como éste pueden brindar un flujo competitivo de beneficios económicos, al mismo tiempo que protegen la integridad ecológica de los bosques tropicales (Anderson 1990, Gómez-Pompa 1991, Johnson y Cabarle 1993, Dickinson et al. 1996, Howard et al. 1996, Whitman et al. 1997).

Al igual que en todos los sistemas policíclicos de aprovechamiento, la sostenibilidad del modelo boliviano depende de la regeneración avanzada. En otras palabras, los bosques deben contar con existencias adecuadas de árboles de futura cosecha (AFC) bien formados previo al aprovechamiento y los daños al bosque residual deben mantenerse en niveles aceptablemente bajos durante las operaciones de extracción (Gullison y Hardner 1993, Whitmore 1998). Acorde con este principio de silvicultura policíclica, los profesionales forestales bolivianos han adoptado una serie de prácticas de aprovechamiento de impacto reducido (AIR). El término AIR abarca un número de técnicas de construcción de caminos, corta y extracción que aumentan el valor post-aprovechamiento del bosque y el potencial a largo plazo para el manejo sostenible (Dykstra y Heinrich 1996, ITTO 1996b, Johns et al. 1996, Boltz et al. 2001, Holmes et al. 2002, Putz et al. 2001). También se ha demostrado que las prácticas de AIR aumentan la eficiencia operativa y la recuperación de madera en las operaciones de aprovechamiento en el trópico (Gerwig et al. 1996, Barreto et al. 1998, Boltz et al. 2001), lo cual haría que la adopción de AIR sea una opción interesante para los operadores forestales comerciales. Las prácticas específicas de AIR que se han incorporado al manejo forestal en Bolivia son las siguientes: inventarios previos al aprovechamiento; mapeo y marcado de todos los árboles comerciales y semilleros; corta de bejucos previa al aprovechamiento en o cerca de los fustes de todos los árboles comerciales

durante el inventario; planificación y demarcación previa al aprovechamiento de caminos, rodeos y pistas de arrastre; capacitación de cuadrillas de aprovechamiento en técnicas de AIR; y uso de skidders para el rodeo (T. Fredericksen, comunicación personal).

A pesar de los notables avances que se han logrado en este tema, se supone que el daño causado a AFC durante el aprovechamiento es uno de los principales retos para el manejo forestal sostenible en el neotrópico (Fredericksen 1998) y en Bolivia (Fredericksen 2000). Por ejemplo, datos recientes reportados por Jackson et al. (2002) provenientes de la concesión forestal certificada La Chonta indican que durante las operaciones de aprovechamiento se mata o daña gravemente un promedio de seis árboles potencialmente comerciales por cada árbol extraído. Si bien ciertos daños son inevitables en las operaciones de extracción y aún queda por definirse el nivel aceptable de daños que el manejo de bosques naturales en Bolivia puede causar, estas observaciones sugieren que las prácticas actuales de AIR no podrían sostener el rendimiento maderable durante una serie de ciclos de corta, en vista de la baja densidad de árboles comerciales y potencialmente comerciales en los bosques de producción del país (Fredericksen 2000). Por esta razón, los profesionales forestales perciben la necesidad de encontrar prácticas adicionales de AIR que puedan reducir de forma efectiva y a bajo costo el daño a los AFC. Los principales objetivos del presente estudio fueron: 1) cuantificar los costos actuales y beneficios de la extracción con marcado de AFC y planificación de pistas de arrastre, en comparación con el aprovechamiento convencional con límites diamétricos, 2) estimar el grado en que se puede mitigar el daño a AFC durante las operaciones de aprovechamiento y 3) identificar opciones económicas que puedan aumentar el valor maderable de los bosques aprovechados.

SECCION II

Descripción del Sitio y Enfoque de Investigación

El presente estudio se realizó en la concesión forestal La Chonta, de 100.000 ha de superficie, ubicada en la Reserva Forestal de Guarayos (15°45'S, 62°60'O), en la provincia Guarayos del departamento de Santa Cruz. El sitio está clasificado como bosque húmedo tropical y tiene una temperatura anual media de 25.3° C una precipitación anual media de aproximadamente 1560 mm (Gil 1997), la mayoría de la cual cae entre noviembre y marzo. Las actividades de aprovechamiento cesan casi totalmente durante el periodo que se extiende de diciembre a enero y que corresponde al pico de la época de lluvias. En las décadas de 1970 y 1980, se extrajo la mayoría de las existencias de mara (*Switenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*). Se ha identificado más de 100 especies de árboles en el lugar y 18 de éstas se consideran actualmente de valor comercial (BOLFOR 2000). El área anual de aprovechamiento es de aproximadamente 2370 hectáreas y los volúmenes extraídos fluctúan entre 7 y 22 m³/ha (BOLFOR 2000). Se han programado intervenciones posteriores con intervalos de 30 años (Gil 1997). El manejo forestal que realiza la empresa fue certificado por el Forest Stewardship Council (FSC) en 1998.

Se efectuaron comparaciones entre operaciones normales de aprovechamiento y dos sistemas alternativos de extracción en bloques adyacentes de 45 ha; los tres tratamientos se ubicaron en una unidad de aprovechamiento de 852 ha (4 x 2 km) que lleva el nombre de AAA-2002.1 (Figura 2). Previo al aprovechamiento, se planificó la construcción de un camino principal de norte a sur (de 4 km de largo) de acuerdo a mapas topográficos y perfiles de suelos, el cual dividiría la unidad de aprovechamiento aproximadamente en dos mitades. Las trozas provenientes de los tres bloques experimentales fueron arrastrados a este camino principal, pero el camino no entró a los bloques en ningún punto. Las pistas primarias de arrastre que salen del camino principal se construyeron con intervalos de 150 m y discurren por 1000 m al este y oeste del camino; en el estudio se observó con frecuencia que algunas trozas se arrastraron por distancias de 1000 m o más. Cada bloque experimental contaba con tres pistas primarias de arrastre. Los tres bloques presentan poco relieve: la elevación fluctúa entre 240 y 280 metros sobre el nivel del mar y la pendiente no supera al cinco por ciento. Los volúmenes de aprovechamiento oscilaron entre 8 y 10 m³/ha en los tres bloques. Toda la extracción se efectuó entre abril y junio del 2002 y los mismos motosierristas y operadores de skidder, utilizando la misma maquinaria, realizaron el aprovechamiento en los tres bloques experimentales. Se efectuó un inventario, previo al aprovechamiento, de AFC con dap entre 30 y 50 cm a lo largo de tres transectas de 1000 m en cada bloque; se determinó que la densidad de AFC era de 6, 10 y 12 AFC en los bloques 1, 2 y 3 respectivamente.

A. Operaciones “normales” de aprovechamiento – Bloque 1

El sistema de aprovechamiento empleado en el Bloque 1 representa el manejo normal que se realiza en La Chonta. La extracción se basa en límites diamétricos de corta de 50 cm de dap para todas las especies exceptuando *Hura crepitans* y *Ficus boliviana* (conocida anteriormente como *Ficus glabrata*) cuyo límite diamétrico es de 70 cm de dap. Veinte por ciento de todos los fustes comerciales sobre el límite diamétrico se destinaron a árboles semilleros para la regeneración

natural. Los árboles se seleccionaron, marcaron y mapearon aproximadamente un año antes de la corta mediante un sistema de inventario pre-aprovechamiento; en esta ocasión se cortaron los bejucos situados en o cerca de los fustes de los árboles aprovechables marcados.

Las operaciones de corta fueron efectuadas por dos motosierristas capacitados quienes trabajaron independientemente uno de otro en la corta y el despuntado de árboles marcados, con motosierras Husqvarna 288 equipadas con espadas de 81 cm. Los árboles se despuntaron – corte que separa la copa del fuste – usando un diámetro comercial predeterminado de 40 cm. Ambos motosierristas recibieron capacitación formal en técnicas de uso de motosierra y corta dirigida durante un taller, de cinco días de duración, auspiciado por el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR en 1997 y ambos han trabajado como motosierristas de la empresa desde entonces. Se considera que el nivel de adiestramiento de estos motosierristas es semejante al de otros motosierristas experimentados de la región, habiendo ambos capacitado a otros motosierristas novicios. Los motosierristas reciben un salario base mensual, más un bono basado en el número total de trozas cortadas y rodeadas cada mes.

Dos operadores de skidder (Caterpillar 518C con ruedas de goma) que trabajaron independientemente uno de otro efectuaron todas las operaciones de arrastre del estudio. Ambos operadores fueron capacitados en AIR previo al estudio. Las trozas fueron arrastradas a los rodeos una por una o, en raras ocasiones, en grupos de dos o tres. Los skidders estuvieron equipados con guinche, arco y 15 metros de cable. Típicamente, en las prácticas de aprovechamiento que se aplican en la región los operadores de skidder usan el cable principal para enganchar las trozas; durante el presente estudio no se usaron cadenas para el arrastre. Los operadores de skidder reciben un salario base, más un bono basado en el número total de trozas rodeadas cada mes.

B. Marcado de árboles de futura cosecha – Bloque 2

El *Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal de la FAO* indica que el daño al bosque residual se puede reducir mediante el marcado de los árboles que se prevé serán parte de la población de AFC, con lo cual se ofrece un recordatorio visual a las cuadrillas de aprovechamiento que operan en el bosque (Dykstra y Heinrich 1996). Sin embargo el manejo forestal que se aplica en Bolivia no incluye el marcado o el inventariado de AFC. El sistema de aprovechamiento que se empleó en el Bloque 2 incluyó todas las operaciones descritas en la Sección II, punto A., además del marcado de todos los AFC antes del aprovechamiento, a fin de facilitar la identificación de estos árboles durante las operaciones de extracción. En el estudio se definió a los AFC como los árboles de las especies listadas en el Cuadro 1, con un dap mayor a 30 cm y con fustes y copas bien formados. Los AFC se marcaron con un solo anillo de pintura azul en aerosol (el mismo color que se usa para marcar árboles semilleros en la concesión) aplicada aproximadamente a 170 cm sobre el nivel del suelo.

Cuadro 1. Especies incluidas como árboles de futura cosecha (AFC) en el presente estudio (modificado a partir de BOLFOR 2000)

Familia y especie	Nombre común
Anacardiaceae	
<i>Spondias mombin</i> L.	ocorocillo
Apocynaceae	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Muell. Arg.	jichituriqui
Bignoniaceae	
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	tajibo amarillo
Bombacaceae	
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) P. Gaertner	hoja de yuca
Boraginaceae	
<i>Cordia alliodora</i> Cham.	picana negra
Caesalpiniaceae	
<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	momoqui
<i>Copaifera chodatiana</i> Hassl.	sirari
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	paquió
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell. Conc.) S.F. Blake	serebó
Combretaceae	
<i>Terminalia amazonica</i> (J.F. Gmel.) Exell	verdolago
Euphorbiaceae	
<i>Hura crepitans</i> L.	ochoó
Fabaceae	
<i>Centrolobium microchaete</i> (Mart. ex Benth) Lima ex G.P. Lewis	tarara amarilla
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	maní
Lecythidaceae	
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	yesquero negro
<i>Cariniana ianeirensis</i> R. Knuth	yesquero blanco
Meliaceae	
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro
<i>Swietenia macrophylla</i> King	mara
Mimosaceae	
<i>Inga edulis</i> Mart.	pacay
Moraceae	
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pavón	mururé
<i>Ficus boliviana</i> C.C. Berg.	bibosi colorado
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pavón) J.F. Macbr.	ojoso colorado
Rubiaceae	
<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth) Hook f. ex Schumann	guayabochi
Sapotaceae	
<i>Pouteria nemorosa</i> Baehni	coquino
Ulmaceae	
<i>Ampelocera ruizii</i> Klotzsch	blanquillo

C. Mejor planificación de pistas de arrastre – Bloque 3

El daño al bosque residual en pistas secundarias y terciarias de arrastre, y la alta densidad de pistas innecesarias en La Chonta que reportan Jackson et al. (2002) probablemente se debe a la poca inversión en planificación de pistas de arrastre. Si bien los caminos y las pistas primarias de arrastre son planificados y demarcados previamente al aprovechamiento, las pistas secundarias y terciarias no lo son. Más bien, éstas son establecidas apresuradamente por los operadores de skidder a fin de facilitar la extracción de cada troza. Generalmente, los motosierristas indican verbalmente al operador de skidder la ubicación de las trozas tumbadas, pero la ubicación exacta y la disposición de las mismas quedan abiertas a conjeturas. Este estilo improvisado de rodeo probablemente conlleva a los daños innecesarios al bosque residual, la formación y el uso de

ángulos sub-óptimos entre las intersecciones de las pistas de arrastre, y la alta densidad de pistas superfluas que Jackson et al. (2002) reportan en la concesión.

A fin de maximizar la eficiencia de mano de obra, maquinaria y uso del recurso forestal, el sistema de aprovechamiento empleado en el Bloque 3 incluyó todas las operaciones descritas en la Sección II, punto A, además de planificación de todas las pistas secundarias y terciarias de arrastre. Posteriormente a las operaciones de corta, pero antes del arrastre, un obrero demarcó, con cinta flagging, las mejores rutas de extracción para las trozas. Cuando fue necesario, esta persona hizo que los motosierristas cortaran en pedazos los árboles caídos a fin de facilitar acceso al skidder. Se instruyó al obrero para que demarque pistas de arrastre rectas que se intersecten entre sí formando ángulos obtusos y así evitar, en lo posible, daños a la regeneración avanzada (pero los AFC no se marcaron antes del aprovechamiento).

SECCION III

Metodología

A. Evaluación general de la técnica de corta

En el Cuadro 2 se presenta un resumen de los métodos utilizados en el presente estudio, clasificados por parcela. La implementación de corta dirigida requiere que los motosierristas sean totalmente capaces de tumbar árboles en una dirección predeterminada (ITTO 1996c). A fin de evaluar la capacidad técnica de los dos motosierristas de la concesión, se observó su desempeño en la corta de aproximadamente 40 árboles seleccionados al azar. Se solicitó a los motosierristas que indiquen la dirección específica hacia la cual pretendían derribar cada árbol y ese azimut se registró, previo a la corta, mediante una brújula. Después de tumbarse los árboles, se registró el azimut de la caída y se tomaron notas sobre la posición y las dimensiones del corte, la boca de caída y la bisagra. Posteriormente, se calculó para cada observación la diferencia entre la dirección prevista y la verdadera dirección de caída del árbol, y se calculó el margen de error de cada motosierrista, la clase diamétrica y la especie observada.

B. Evaluación del daño a AFC derivado de operaciones de corta

Se seleccionó al azar aproximadamente 30 sitios de corta de árboles individuales, tanto en bloques de aprovechamiento normal como con marcado de AFC, y se calculó el daño causado a AFC en cada sitio (métodos modificados a partir de Johns et al. 1996). El daño a los AFC se registró según la causa (es decir, corta o arrastre), así como la ubicación y gravedad de las lesiones (Cuadro 3, modificado a partir de Jackson et al. 2002). Se usaron pruebas F para determinar la homogeneidad de varianzas y se usaron pruebas de t , con igual varianzas, a fin de determinar diferencias en cuanto a daños a AFC entre los sistemas de aprovechamiento. Se consideró que las diferencias eran estadísticamente significativas cuando el valor de $P = 0.05$.

C. Evaluación del daño a AFC causado por operaciones de arrastre

Se mapearon todas las pistas de arrastre de cada uno de los tres bloques experimentales de 45 ha y se fijaron en cuatro clasificaciones: 1) pistas primarias de arrastre, en las que se arrastró más de diez árboles, 2) pistas secundarias de arrastre, en las que se arrastró de 2 a 10 árboles, 3) pistas terciarias de arrastre, en las que sólo se arrastró un árbol y 4) otras pistas de arrastre, en las que los skidders transitaron pero no se arrastraron trozas, es decir pistas sin salida y rutas de acceso de poca intensidad (extraído de Jackson et al. 2002). Se midió el largo de cada pista de arrastre y el daño a los AFC se calculó en todo el largo de todas las pistas de arrastre primarias, secundarias, terciarias y otras de acuerdo a la causa del daño (es decir, corta o arrastre) y a la ubicación y gravedad de la lesión (Cuadro 3, modificado a partir de Jackson et al. 2002). A fin de ajustar las diferencias en densidad de AFC pre-aprovechamiento y largos individuales de pistas de arrastre, se calculó el porcentaje de AFC dañados por unidad de longitud de pista de arrastre construida. Se sometió a prueba la significancia de las diferencias entre tratamientos por medio de pruebas de Kruskal-Wallis y, cuando fue adecuado, mediante posteriores pruebas de t . Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas para los valores de $P = 0.05$.

Cuadro 2. Resumen de métodos utilizados para estimar las variables de aprovechamiento en las parcelas de estudio.

Variable de aprovechamiento	Bloque 1 Aprovechamiento normal	Bloque 2 Marcado de AFC	Bloque 3 Mejora en la planificación de pistas de arrastre
Evaluación general de la técnica de corta	Se observó a ambos motosierristas derribando aproximadamente 40 árboles seleccionados al azar	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a técnica de corta	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a técnica de corta
Daño a los AFC causado durante las operaciones de corta	Se calculó en 30 claros de aprovechamiento de un solo árbol seleccionados al azar	Se calculó en 30 claros de aprovechamiento de un solo árbol seleccionados al azar	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a daño a AFC causado durante operaciones de corta
Daño a los AFC causado durante las operaciones de arrastre	Se calculó en toda la extensión de todas las pistas de arrastre	Se calculó en toda la extensión de todas las pistas de arrastre	Se calculó en toda la extensión de todas las pistas de arrastre
Eficiencia de arrastre	Se midió volúmenes de trozas, tiempos de ida y vuelta, y distancias de rodeos a trozas cortadas en un período de 5 días	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a eficiencia de arrastre	Se midió volúmenes de trozas, tiempos de ida y vuelta, y distancias de rodeos a trozas cortadas en un período de 5 días
Recuperación de madera de las operaciones de arrastre	Se efectuó un inventario completo posterior al aprovechamiento	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a recuperación de madera	Se efectuó un inventario completo posterior al aprovechamiento
Costos adicionales del marcado de AFC	No se recolectaron datos	Previo al aprovechamiento se sumaron los costos de mano de obra y pintura por unidad de superficie marcada para aprovechamiento	No se recolectaron datos – no se marcaron los AFC
Costos adicionales de la mejor planificación de pistas de arrastre	No se recolectaron datos	No se recolectaron datos – considerado “normal” con respecto a planificación de pistas de arrastre	Durante el aprovechamiento se sumaron los costos de mano de obra y marcado por unidad de superficie aprovechada

Cuadro 3. Clasificación de daños sufridos por AFC en pistas de arrastre y claros de aprovechamiento (modificado a partir de Jackson et al. 2002).

Tipo de daño	Fuste	Raíz	Copa
Grave	Partido en la base, torcido o muy inclinado	Desarraigado	Pérdida de toda la copa Pérdida de más de dos tercios de la copa
Moderado	Tejido del cambium expuesto y dañado	Tejido del cambium expuesto y dañado	Pérdida de menos de dos tercios de la copa pero más de un tercio de la misma
Leve	Tejido del cambium expuesto pero sin daño Raspaduras en la corteza	Tejido del cambium expuesto pero sin daño Raspaduras en la corteza	Pérdida de menos de un tercio de la copa

D. Eficiencia de arrastre

Se estimaron los tiempos medios y las tasas de producción (excluyendo demoras) en m³ rodeados por hora de maquinaria, tanto para operaciones “normales” como para “mejor planificación de pistas de arrastre” mediante la medición de volumen de trozas, y tiempo y distancia de viajes de ida y vuelta desde rodeos hasta trozas tumbadas durante un periodo de cinco días (métodos modificados a partir de Stokes et al. 1993 y Barreto et al. 1998). Los tiempos medios se desglosaron en componentes de la siguiente manera: el tiempo de búsqueda se definió como el tiempo necesario para que los skidders vacíos se desplacen desde el rodeo hasta la troza tumbada en el bosque; el tiempo de maniobra fue el tiempo necesario para que el operador de skidder empuje y manibre las trozas para levantar la base de éstas antes de engancharlas; el tiempo de enganche fue el tiempo que el operador requería para enganchar el cable del skidder a las trozas; y el tiempo de transporte fue el tiempo necesario para transportar las trozas desde la zona del tocón hasta las pistas primarias de arrastre. A fin de efectuar comparaciones entre los tratamientos, se ajustaron los tiempos medios y sus componentes a una distancia estándar de desplazamiento. El volumen medio transportado por skidder fue 4.49 m³ en el Bloque 1 y 4.41 m³ en el Bloque 3; por lo tanto, se asumió que el volumen de troza no contribuyó a las diferencias observadas entre tratamientos en cuanto a los tiempos medios. Se emplearon pruebas F para someter a prueba la suposición de homogeneidad de varianzas y se usaron pruebas de *t* iguales o desiguales para determinar la significancia de las diferencias observadas entre tratamientos en cuanto a tiempos medios y sus componentes. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando los valores de $P = 0.05$.

A fin de evaluar la recuperación de madera de las operaciones de arrastre, se efectuó un inventario completo post-aprovechamiento, tanto en los bloques de extracción normal como en los de mejor planificación de pistas de arrastre. Un evaluador experimentado de trozas que trabaja para la concesión ayudó a calificar la calidad de todas las trozas que quedaron en el bosque. Este proceso se realizó mediante métodos estándar utilizados por la empresa.

E. Costos adicionales del mercado de árboles de futura cosecha y mejoras en la planificación de pistas de arrastre

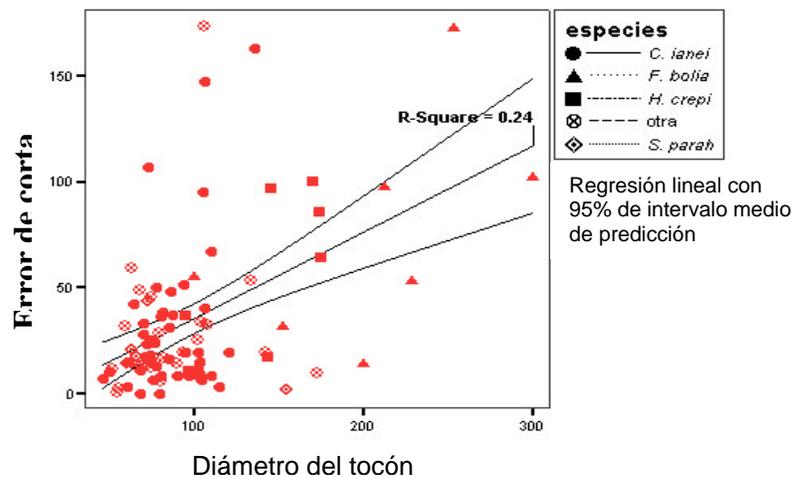
Previo al aprovechamiento, se estimó el costo del mercado de AFC mediante la suma de los costos de mano de obra y pintura por unidad de superficie marcada para el aprovechamiento (\$/ha). Durante el aprovechamiento, se estimó el costo promedio de la planificación de pistas de arrastre mediante la suma de los costos de mano de obra y cinta de marcado por unidad de superficie aprovechada (\$/ha).

Resultados y Discusión

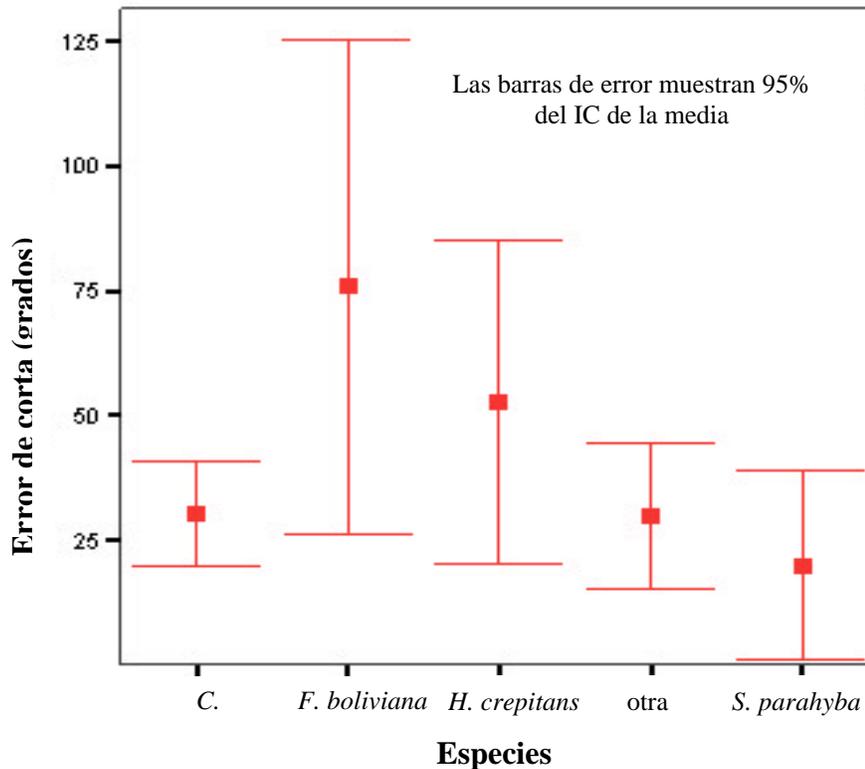
A. Evaluación general de las operaciones de corta

Se observó un error medio de corta de $\pm 35.2^\circ$ (E. S. = 4.1° ; $n = 89$) en las operaciones de tumba en La Chonta (media de dap = 96 cm en los árboles del presente estudio). Por consiguiente, se puede afirmar que los motosierristas de la concesión no son capaces de cortar árboles y tumbarlos en direcciones precisas predeterminadas. Las pruebas t de Student no revelaron diferencias significativas en el error medio de corta entre los dos motosierristas empleados. La media de error de corta aumentó en cada clase de dap observada, pero los análisis de regresión mostraron que el error en la corta no estaba marcadamente correlacionado con el dap (R-cuadrado = 0.24; Figura 1).

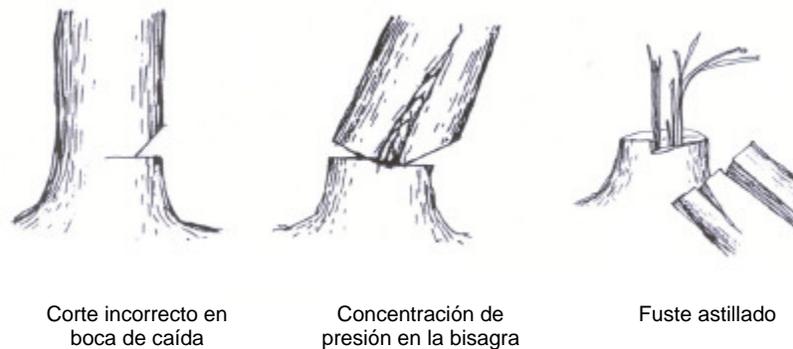
Figura 1. Error de corta como función de diámetro del tocón.



Se determinó también que el error medio de corta varía por especie (Figura 2). El error medio de corta relacionado con las tres especies más aprovechadas en La Chonta fue 30.3° para *C. ianeirensis* (E.E. = 4.6° ; $n = 45$), 52.6° para *H. crepitans* (E.E. = 13.8° ; $n = 8$) y 75.9° para *F. boliviana* (E.E. = 20.2° ; $n = 7$). El error medio de corta tan elevado que se observa en *H. crepitans* y *F. boliviana* probablemente se debe al gran diámetro de estos árboles y a sus enormes copas, que en algunos casos cubren superficies de 1.600 m^2 por árbol (Jackson et al. 2002), lo cual dificulta la estimación de la distribución natural del peso y la inclinación por parte de los motosierristas.

Figura 2. Error de corta por grupos de especies.

Uno de los errores más frecuentes en la técnica de corta que se observó durante el estudio son los cortes mal emparejados que constituyen el corte principal de la troza (Figura 3). Generalmente, los cortes horizontales sobrepasan a los cortes diagonales, lo cual crea un corte dentro de otro corte, error común en la tumba de árboles según lo describe Dent (1974). Una vez que el árbol comienza a moverse en dirección de la caída, el corte horizontal (que es sólo del ancho de la cadena de la motosierra) se cierra inmediatamente, interrumpiendo momentáneamente la caída. Esto produce una concentración excesiva de presión sobre la bisagra (Figura 3) y hace que el árbol “salte” del tocón o, en casos extremos, se raje verticalmente hasta el fuste (efecto conocido como “silla de barbero”). En ambos casos, el resultado es la pérdida de control de la dirección de caída del árbol y el desperdicio innecesario de madera debido al astillado del fuste (Figura 3), cuando astillas largas de madera son desgarradas de la base del árbol tumbado y que quedan en el tocón (según lo define Conway 1973).

Figura 3. El error más frecuente en la técnica de corta

Una muestra aleatoria de 28 tocones de *C. ianeirensis* evaluada en el bloque de aprovechamiento normal reveló un volumen medio de 0.16 m^3 (E.E. = 0.04m^3) de madera desperdiciada por árbol debido al astillamiento del fuste (las deducciones se estimaron mediante el cálculo del área de un cilindro imaginario que abarque el defecto). Suponiendo un volumen promedio de troza de 3.66 m^3 para *C. ianeirensis* (Empresa Agroindustrial La Chonta Ltda., datos sin publicar), el desperdicio debido al astillamiento del fuste corresponde asciende a 4.5 del volumen total de trozas o aproximadamente 13 por ciento del desperdicio total relacionado con las operaciones de procesamiento de trozas de esta especie en el aserradero (Harausz 2002).

La técnica errada de corta observada en el presente estudio probablemente se debe a la falta de equipo adecuado o a la vigencia de un programa de incentivos que premia a los motosierristas por su rapidez y no por su meticulosidad. Los motosierristas hacen cortes horizontales demasiado profundos, generalmente penetrando $1/3$ a $1/2$ del diámetro del árbol, para asegurarse que el árbol se incline en la dirección general de caída que pretenden lograr. Ante la falta de cuñas o gatos hidráulicos, esta técnica generalmente evita que el peso del árbol se “asiente” en la espada de la motosierra cuando se hace la boca de caída. Sin embargo, los cortes diagonales efectuados en proporción a cortes horizontales muy profundos en árboles de gran diámetro requieren un esfuerzo arduo cuando sólo se usan espadas de motosierra de 81 cm. Por lo tanto, los motosierristas hallan más fácil hacer un solo corte diagonal poco profundo y desproporcionado, ya que están incentivados por el número total de trozas tumbadas sin recibir deducciones por rotura y astillamiento del fuste o daños a los AFC que se produzcan durante las operaciones de corta.

B. Muerte de AFC a causa de las operaciones de corta

A pesar de la incapacidad de los motosierristas para derribar árboles exacta y consistentemente en la dirección deseada durante la ejecución del presente estudio, los daños graves a los AFC se redujeron significativamente en el bloque de marcado de AFC, en comparación con el bloque de aprovechamiento normal (prueba *t* de Student, $P = 0.015$). En

las operaciones normales de corta murieron o fueron gravemente lesionados alrededor de 30 por ciento de todos los AFC, mientras que en la corta con marcado de AFC sólo se mató o lesionó gravemente un 10 por ciento de todos los AFC. Suponiendo una densidad media de 4 a 6 AFC por hectárea en la concesión (Gil 1997), estos resultados sugieren que el marcado de AFC antes del aprovechamiento pueden salvar 1 AFC por hectárea y más de 2000 AFC al año en la concesión.

C. Daño a AFC, eficiencia operativa y recuperación de madera de las operaciones de arrastre

Con relación a las operaciones normales de aprovechamiento, tanto el marcado de AFC como la mejor planificación de pistas de arrastre redujeron significativamente el daño causado a AFC a lo largo de pistas secundarias de arrastre (Cuadro 4). Esto podría tener implicaciones importantes para el manejo en La Chonta, en vista del elevado nivel de daños al bosque residual que Jackson et al. (2002) reportan en pistas secundarias de arrastre. No obstante, el daño a AFC en pistas terciarias y primarias de arrastre no se redujo significativamente con los tratamientos de marcado de AFC o mejor planificación de pistas de arrastre (Cuadro 4), lo que sugiere que, mientras se sigan arrastrando trozas del largo de todo el árbol, el daño a AFC relacionado con operaciones normales de aprovechamiento en este tipo de pistas de arrastre será inevitable. Como alternativa, las troncas del largo de todo el árbol, que promedian aproximadamente 18 m de largo, podrían trozarse en largos menores en el bosque. Actualmente, las trozas se cortan en secciones de 2.3 m en los rodeos, previo al carguío de todas las especies, exceptuando *S. parahyba*. Esto probablemente causaría menos daño en las pistas de arrastre y, si se usan cadenas en la operación de arrastre, no necesariamente disminuiría la eficiencia del arrastre.

Se determinó que el daño a AFC en rutas innecesarias de acceso o pistas sin salida que no se usaron para el arrastre de trozas fue nulo tanto en los bloques de aprovechamiento normal como en los de marcado de AFC; no se observó daño moderado o grave a los AFC (Cuadro 4). Sin embargo, la mejor planificación de pistas de arrastre eliminó esta categoría de pistas de arrastre en la concesión. En el bloque de aprovechamiento normal, se crearon 16 pistas de arrastre innecesarias y éstas corresponden a casi un 8 por ciento (440 metros) de la red total de pistas de arrastre (5765 metros), mientras que en el bloque de aprovechamiento con mejor planificación de pistas sólo se creó una pista de arrastre innecesaria, que corresponde a menos del 0.5 por ciento (20 metros) de la red total de vías de arrastre (5241 metros). Si bien las pistas de arrastre superfluas probablemente tendrán poco efecto en cuanto a daños a AFC, éstas significan disturbios innecesarios del suelo y costos substanciales para el manejo en términos de eficiencia operativa.

Los tiempos medios de búsqueda (el tiempo que los skidders vacíos emplearon en buscar la próxima troza a partir del rodeo) se redujeron significativamente en el bloque de aprovechamiento con mejor planificación de pistas de arrastre (Cuadro 5; prueba *t* de Student; $P = 0.032$, ajustado a una distancia estándar de desplazamiento). Esto sugiere que el marcado de pistas secundarias y terciarias de arrastre, previo a las operaciones de rodeo, permitió a los operadores de skidder moverse sin vacilar y cometer menos errores al entrar al bosque en busca de trozas. Se redujo el tiempo medio de ciclo (viaje de ida y vuelta), pero no de manera significativa (Cuadro 5; prueba *t* de Student; $P = 0.055$), en el bloque de

aprovechamiento con mejor planificación de pistas de arrastre, en comparación con el bloque de aprovechamiento normal. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la media ajustada de maniobras, enganche o carguío (Cuadro 5; prueba *t* de Student; $P > 0.05$).

Cuadro 4. Comparaciones del porcentaje de AFC dañados moderada o gravemente por cada 100 metros de construcción de pista de arrastre, por tipo de tratamiento y clasificación de pista de arrastre. Los porcentajes medios se presentan con E.E. y el número de repeticiones (pistas de arrastre individuales) entre paréntesis. Las medias indicadas con la misma letra en las filas no son significativamente diferentes (prueba de Kruskal-Wallis, $P = 0.05$).

Clasificación de pistas de arrastre	Bloque 1 aprovechamiento normal	Bloque 2 marcado de AFC	Bloque 3 mejor planificación de pistas de arrastre
Pistas terciarias de arrastre	31.0 (± 14.3 ; n = 55) a	13.3 (± 9.3 ; n = 51) a	22.2 (± 18.2 ; n = 47) a
Pistas secundarias de arrastre	10.9 (± 4.3 ; n = 23) a	0.8 (± 0.8 ; n = 16) b	0.0 (± 0.0 ; n = 13) b
Pistas primarias de arrastre	8.9 (± 5.2 ; n = 3) a	2.8 (± 2.2 ; n = 3) a	No aplicable ¹
Otras pistas de arrastre	0.0 (± 0.0 ; n = 16) a	0.0 (± 0.0 ; n = 15) a	No aplicable ²

Cuadro 5. Comparación de la eficiencia de arrastre entre tratamientos. Las medias representadas con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (prueba *t* de Student; $P > 0.05$).

Tratamiento	Componentes del tiempo medio de ciclo (min:sec)					Distancia del ciclo medio (m)	Volumen del ciclo medio (m ³)	Repeticiones
	Tiempo de búsqueda	Tiempo de maniobrado de trozas	Tiempo de enganche	Tiempo de carguío	Tiempo de ida y vuelta			
Normal	10:47 a	1:56 a	Sin datos	2:41 a	43:08 a	1084	4.49	46
Mejor planificación de pistas de arrastre	8:02 b	2:00 a	2:20	1:14 a	31:46 a	1286	4.41	41

En lo que se refiere a la recuperación de madera, no se observaron diferencias entre los bloques de aprovechamiento normal y aprovechamiento con mejor planificación de pistas de arrastre. En ambas operaciones se abandonaron trozas en el bosque, pero no debido a que los operadores de skidders no las encontrasen. En el caso de *C. ianeirensis*, se abandonó en el bosque aproximadamente 0.24 m³/ha debido al defecto causado por hongos que manchan la madera de los árboles en pie y que inutilizan las trozas para la comercialización. En el caso de *H. crepitans*, aproximadamente 0.21 m³/ha no se arrastraron ya que algunas trozas tenían volúmenes insuficientes de duramen (la parte comercial de la madera de esta especie). En el caso de ambas especies, los materos y motosierristas experimentados no pudieron reconocer árboles no comercializables antes de cortarlos. La principal diferencia entre el aprovechamiento normal y la mejora en la planificación de pistas de arrastre no radica en la

recuperación de madera, sino en la eficiencia operativa: las pistas innecesarias que llevaban a trozas no comerciales fueron frecuentes en el bloque de aprovechamiento normal, mientras que en el bloque de aprovechamiento con mejor planificación de pistas de arrastre fueron una rareza.

D. Consideraciones económicas

En el Cuadro 6 se resumen las consideraciones económicas del presente estudio. La aplicación de técnicas mejoradas de corta en La Chonta podrían derivar en aumentos substanciales de la recuperación de madera. Suponiendo un valor de aproximadamente US\$ 20.00/ m³ para las especies que se aprovechan en La Chonta (R. Keating, comunicación personal), se podría recuperar un promedio de US\$ 3.20/árbol de *C. ianeirensis* mediante la eliminación del astillamiento durante las operaciones de corta. Esto requeriría que los encargados del manejo forestal brinden capacitación y herramientas (cuñas y gatos hidráulicos) adicionales a los motosierristas. También sería necesario ofrecer un bono basado en una fracción de la recuperación de madera, así como de la productividad de corta, a fin de fomentar la mejora de las técnicas de tumba. Una corta más cuidadosa podría derivar también en beneficios económicos para el próximo aprovechamiento, puesto que reduciría los daños a los AFC en claros de aprovechamiento. Las ganancias derivadas de las mejores técnicas de corta probablemente superarían los costos percibidos de productividad que conlleva una corta más cuidadosa.

El mercado de AFC también tiene un gran potencial para mitigar los daños causados por las operaciones de corta en el área de estudio. El mercado de AFC añade aproximadamente US\$ 0.38/ha a los costos de manejo normal de la concesión. Si se incluyen también los costos de la corta de bejucos, tratamiento que ha demostrado aumentar el crecimiento de AFC en este bosque (T. Fredericksen, comunicación personal), el costo ascendería a aproximadamente US\$ 0.47/ha (T. Fredericksen, datos no publicados). Este es un costo reducido, pero puede ser difícil de justificar en vista de que sólo producirá retornos económicos en el próximo ciclo de corta.

Cuadro 6. Resumen de las consideraciones económicas relacionadas con prácticas modificadas de aprovechamiento.

Actividad	Costo estimado		Retorno actual estimado del aprovechamiento		Posibles beneficios a largo plazo
	(US\$/m ³)	(US\$/ha)	(US\$/m ³)	(US\$/ha)	
Técnicas de corta mejorada	No data	No data	0.71	6.40	Sin datos
Mercado de AFC	0.04	0.38	0.00	0.00	Reducción del 20% en daños a AFCT en claros de aprovechamiento; Reducción del 10% en daños a AFC en pistas secundarias de arrastre
Mejor planificación de pistas de arrastre	0.16	1.46	0.33	3.00	Reducción del 96% en alteraciones del suelo causadas por pistas innecesarias, reducción del 11% en daños a AFC en pistas secundarias de arrastre

Se estima que los costos adicionales de la mejor planificación de pistas de arrastre corresponden aproximadamente a US\$ 1.46/ha. La mejor planificación de pistas de arrastre redujo el tiempo promedio de búsqueda de trozas para arrastre en 2 minutos y 45 segundos por turno o 23 por ciento. Suponiendo un costo total de operaciones de aproximadamente US\$ 30.00/hora para el arrastre (a partir de estimados de Holmes et al. 2002 para operaciones de arrastre en Brasil), la mejor planificación de pistas probablemente derivará en retornos financieros superiores a los US\$ 3.00/ha, con respecto a las operaciones normales de aprovechamiento en La Chonta. También se puede prever que la mejor planificación de pistas de arrastre produzca beneficios en el próximo aprovechamiento mediante una reducción del 11% en los daños a AFC en pistas secundarias de arrastre. Estas estimaciones elementales deberían proporcionar suficiente incentivo como para justificar la inversión en una mejor planificación de vías de arrastre.

E. Implicaciones regionales

Las inferencias del presente estudio se limitan al tipo de bosque de La Chonta o tipos similares, con esquemas de manejo y parámetros de mercado semejantes. La eficiencia operativa del arrastre, por ejemplo, depende en gran parte de las consideraciones de disposición y diseño de la unidad de aprovechamiento, el número de trabajadores que se emplea para el desarrollo de las operaciones, el grado de supervisión de las cuadrillas de aprovechamiento en el bosque, y las variables ambientales locales. No obstante, este estudio podría ser relevante para varios bosques de producción cercanos que han seguido el modelo de La Chonta para el desarrollo de sus operaciones forestales. Por ejemplo, la concesión forestal Lago Rey (de 100.000 ha de superficie), ubicada en el norte de Santa Cruz aplica este modelo y podría experimentar los mismos problemas de eficiencia en las operaciones de arrastre (observación personal).

El que no se haya observado diferencia en recuperación de madera entre operaciones “normales” de arrastre y “mejor planificación de pistas de arrastre” en La Chonta indica que bastaría con hacer pequeñas inversiones en capacitación y planificación de vías de arrastre para eliminar por completo el desperdicio que se deriva de los árboles que se tumban pero que no se rodean. Esto respalda la idea de que, en los bosques neotropicales, el arrastre planificado puede producir considerables ganancias económicas con respecto al arrastre no planificado (Gerwig et al. 1996; Johns et al. 1996; Barreto et al. 1998); Boltz et al. 2001; Holmes et al. 2002). En La Chonta, la corta de trozas no comercializables que se tumban pero no se rodean deriva en daños innecesarios al bosque residual y en una disminución de la productividad de las operaciones de corta. La distribución ecológica de *H. crepitans* y *C. ianeirensis* sugieren que la corta de madera o comercializable puede ser un tema de manejo forestal a nivel regional. Se deben tomar medidas para entender e identificar mejor los defectos en la madera de estas especies durante los inventarios forestales.

La falta de capacidad de los motosierristas, debidamente adiestrados y experimentados, de esta concesión para cortar árboles exacta y consistentemente en direcciones precisas y predeterminadas puede tener implicaciones considerables para el manejo forestal regional. Se ha determinado que la corta dirigida es un componente clave en las iniciativas de manejo forestal sostenible en bosques neotropicales, y se han efectuado estudios que demuestran su

utilidad para la reducción de daños a AFC, desperdicio de madera e ineficiencias durante el aprovechamiento (Gerwig et al. 1996; Johns et al. 1996; Barreto et al. 1998). Los resultados del presente estudio respaldan la idea de que la corta dirigida exacta necesariamente supone el uso de cuñas o gatos hidráulicos (Dent 1974; ITTO 1996c). Cuando estas herramientas no se utilizan, se puede esperar que la corta cause daños a AFC, desperdicio de madera e ineficiencias durante el aprovechamiento, al margen del nivel de experiencia o capacitación de los motosierristas. Esto probablemente se aplica a la mayoría de los bosques de producción permanente en Bolivia.

El mercado de AFC también tiene implicaciones regionales considerables para el manejo forestal, puesto que, en el presente estudio, ha demostrado reducir significativamente el daño en claros de aprovechamiento y en pistas secundarias de arrastre. El costo del mercado de AFC parece una inversión moderada en vista de su potencial para mantener o aumentar la calidad del bosque, pero actualmente en Bolivia se dispone de poco capital para invertir en tratamientos silviculturales que brindan beneficios económicos sólo a mediano o largo plazo (BOLFOR 2000). En vista de los grandes riesgos que supone, en general, la inversión silvicultural (incendios, plagas y enfermedades) y en particular en el trópico (tasas bajas de descuento e inestabilidad política), es poco probable que los encargados del manejo en Bolivia inviertan en mercado de AFC a menos que esto sea una exigencia para la certificación del FSC. La utilidad demostrada y el bajo costo de este tratamiento justifican su incorporación en los criterios para la certificación del FSC.

SECCION V

Conclusión

En La Chonta, los daños, entre moderados y graves, causados a los AFC por el aprovechamiento convencional basado en límites diamétricos pueden reducirse de forma económica. Como primer paso, los encargados del manejo deberían inventariar y marcar todos los AFC con dap mayor o igual a 30 cm, como parte de los inventarios forestales que se efectúan previo al aprovechamiento. A fin de garantizar que esta inversión inicial no se pierda durante las operaciones de aprovechamiento, los encargados del manejo deberán exigir que los motosierristas obedezcan estrictamente las técnicas de corta dirigida, brindándoles cuñas o gatos hidráulicos, capacitación adicional, e incentivos basados en la calidad y cantidad de su trabajo. La implementación de técnicas mejoradas de corta probablemente pagará su costo en las operaciones actuales mediante una mayor recuperación de madera. Finalmente, será necesario emplear un obrero forestal para planificar todas las pistas secundarias y terciarias de arrastre previo a efectuar las operaciones de rodeo. Esto conllevará a una mayor eficiencia operativa y a menores daños a AFC en pistas secundarias de arrastre. La efectividad de costos de estos tratamientos y su potencial para mantener o mejorar la calidad del bosque deberían hacer atractiva su adopción tanto para profesionales y técnicos forestales encargados del manejo, como para grupos regionales enfocados en la certificación forestal.

SECCION VI

Referencias Bibliográficas

- Anderson, A.B., (editor). 1990. Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press, NY, 281pp.
- Barreto, P., P. Amaral, E. Vidal y C. Uhl. 1998. Costs and benefits of forest Management for timber production in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 180: 9-26.
- BOLFOR. 2000. Study Plan: Long-term silvicultural research project (LTSRP) in Bolivian tropical forests. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Boltz, F., D.R. Carter, T.P. Holmes y R. Pereira, Jr. 2001. Financial returns under uncertainty for conventional and reduced-impact logging in permanent production forests of the Brazilian Amazon. *Ecological Economics* 39: 387-398.
- Conway, S. 1973. Timber Cutting Practices, 2nd edn. Miller Freeman Publications, San Francisco, CA, USA, 192pp.
- Darby, J. 1999. La certificación y el manejo forestal sostenible en Bolivia. Documento Técnico No. 79. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Dent, D.D. 1974. Professional Timber Falling: A Procedural Approach. Ryder Printing Co., Portland, OR, USA, 181pp.
- Dickinson, M.B., J.C. Dickinson y F.E. Putz. 1996. Natural Forest Management as a conservation tool in the tropics: divergent views on possibilities and alternatives. *Commonwealth Forestry Review* 75: 309-315.
- Dykstra, D.P. y R. Heinrich. 1996. FAO Model Code of Forest Harvesting Practice. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 85pp.
- Fredericksen, T.S. 2000. Logging and conservation of tropical forests in Bolivia. *International Forestry Review* 2(4): 271-278.
- Fredericksen, T.S. 1998. Limitations of low-intensity selection and selective logging for sustainable tropical forestry. *Commonwealth Forestry Review* 77: 262-266.
- Fredericksen, T.S., F. Contreras y W. Pariona. 2001. Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia, 81pp.
- Fredericksen, T.S. y B. Mostacedo. 2000. Regeneration of sawtimber species following selective logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 131: 47-55.

- Gerwig, J.J., J.S. Johns y E. Vidal. 1996. Reducing waste during logging and log processing: forest conservation in eastern Amazonia. *Unasylva* 187 (47): 17-25.
- Gil, P. 1997. Plan General de Manejo Forestal. Empresa Agroindustrial La Chonta Ltda., Santa Cruz, Bolivia, 45pp.
- Gomez-Pompa, A., T.C. Whitmore y M. Hadley (eds.). 1991. Rain Forest Regeneration and Management. UNESCO, Paris. Pp. 8-17 & 80-86.
- Gullison, R.E. y J.J. Hardner. 1993. The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: empirical results and a simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 59: 1-14.
- Haraus, A. 2002. Herleitung lokaler Volumenfunktionen für drei Baumarten in Bolivia. MSc thesis, University of Albert-Ludwigs, Freiburg, Germany.
- Holmes, T.P., G.M. Blate, J.C. Zweede, R. Perreira, Jr., P. Barreto, F. Boltz y R. Bauch. 2002. Financial and ecological indicators of reduced-impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163:93-110.
- Howard, A.F., R.E. Rice y R.E. Gullison. 1996. Simulated financial returns and selected environmental impacts from four alternative silvicultural prescriptions applied in the neotropics: A case study of the Chimanes Forest, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 89: 43-57.
- International Tropical Timber Organization (ITTO). 1996a. Bolivia adopts new forest law. *Tropical Forest Update* 6(3): 15.
- ITTO. 1996b. What foresters can do. *Tropical Forest Update* 6(3): 1.
- ITTO. 1996c. Felling the right way: some hints on the art and science of directional felling. *Tropical Forest Update* 6(3): 5-7.
- Jackson, S.M., T.S. Fredericksen y J.R. Malcolm. 2002. Area disturbed and residual stand damage following logging in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 166: 271-283.
- Johns, J.S., P. Barreto y C. Uhl. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 89: 59-77.
- Johnson, N. y B. Carbarle. 1993. *Surviving the Cut: Natural Forest Management in the Humid Tropics*. World Resources Institute, Washington DC, 71pp.
- Nittler, J.B. y D.W. Nash. 1999. The certification model for forestry in Bolivia. *Journal of Forestry* 97: 32-36.

- Putz, F.E., G.M. Blate, K.H. Redford, R. Fimbel y J. Robinson. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15(1): 7-20.
- Putz, F.E. y C. Romero. 2001. Biologists and timber certification. *Conservation Biology* 15: 305-306.
- Rice, R.E., R.E. Gullison y J.W. Reid. 1997. Can sustainable management save tropical forests? *Scientific American* 276(4): 44-49.
- Stokes, B.J., R.A. Kluender, R.A. Williams y J.F. Klepac. 1993. Assessment of costs and impacts for alternative harvesting methods in mixed stands. Paper presented at the Seventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Mobile, AL, USA, November 17-19, 1992.
- Whitman, A.A., N.V.L. Brokaw y J.M. Hagan. 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in northern Belize. *Forest Ecology and Management* 92: 87-96.
- Whitmore, T.C. 1998. *An Introduction to Tropical Rainforests*, 2nd edn. Oxford University Press, New York, NY, 282 pp.